

Zboża genetycznie modyfikowane (GM) w rolnictwie – aspekty zdrowotne środowiskowe i społeczne

Katarzyna LISOWSKA, Mieczysław CHORAŻY

LISOWSKA K., CHORAŻY M. 201x. **Genetically modified (GM) crops in agriculture – health, environmental and social issues.** *Biuletyn Komitetu Ochrony Przyrody PAN x/201x.*

Streszczenie

W Polsce od ponad roku trwają prace nad rządowym projektem nowej ustawy o organizmach genetycznie modyfikowanych (GMO). Równocześnie, toczy się społeczna debata nad celowością wprowadzenia upraw genetycznie modyfikowanych (GM) zbóż do polskiego rolnictwa. Zabierając głos w tej dyskusji omawiamy niedoskonałości technik inżynierii genetycznej, niedostatek badań z zakresu oceny ryzyka, potencjalne zagrożenia zdrowotne i środowiskowe oraz problemy socjo-ekonomiczne i polityczne towarzyszące kwestii GM upraw i żywności.

Jesteśmy przekonani, że w zakresie legislacji upraw GMO, w żadnym przypadku nie wolno ulegać naciskom politycznym, naciskom międzynarodowych organizacji gospodarczych oraz kół lobbujących na rzecz wielkich korporacji. Korporacje działające w obszarze promowania i produkcji roślin GM oraz chemicznych środków ochrony roślin stawiają na szybkie zyski, a ich cele są całkiem odmienne od tych, które są kreowane i rozpowszechniane przez media.

W naszym najgłębszym przekonaniu, zgodnie z aktualnym stanem wiedzy, na uprawy polowe zbóż i roślin GM powinno być nałożone w Polsce moratorium na okres co najmniej 10 lat. Jest to podyktowane zarówno względami bezpieczeństwa, jak i troską o interes społeczno-ekonomiczny polskiego rolnictwa oraz środowiska przyrodniczego. Podobne restrykcje wprowadzają kolejne kraje UE, a Komisja Europejska skłania się ku akceptacji tego stanu rzeczy.

Słowa kluczowe: zboża genetycznie modyfikowane, ocena ryzyka, potencjalne zagrożenia zdrowotne, zagrożenia środowiskowe, problemy socjoekonomiczne, lobbying, moratorium.

¹Katarzyna Lisowska, ²Mieczysław Chorąży, Centrum Badań Translacyjnych i Biologii Molekularnej Nowotworów (d. Zakład Biologii Nowotworów), Centrum Onkologii – Instytut im. Marii Skłodowskiej-Curie, Oddział w Gliwicach, ul. Wybrzeże Armii Krajowej 15, 44–101 Gliwice; e-mail: ¹kasial@io.gliwice.pl, ²chorazy@io.gliwice.pl

1. WSTĘP

Poznanie struktury i funkcji DNA oraz genów jest jednym z największych osiągnięć biologii w ostatnim stuleciu. Odkrycie podstawowych mechanizmów związanych z przenoszeniem „informacji” z genu (DNA) do białka i ekspresją tej informacji w formie określonej funkcji lub

cechy, wchodzących w pojęcie fenotypu, przyczyniły się do poznania podstawowych zasad dziedziczenia. Równocześnie ukształtowało się przekonanie, że gen jest jedynym i absolutnym determinantem cech fenotypowych, a relacja między genotypem a fenotypem ma charakter liniowy. Taki uproszczony ogląd życia zawarty był w dogmacie, którego autorami byli Crick i Watson: „DNA [gene] makes RNA, RNA makes protein, a protein makes us.” Na bazie tego dogmatu rozwinęły się wyrafinowane techniki molekularne, w tym inżynieria genetyczna (wycinanie, namnażanie, rekombinowanie różnych sekwencji nukleotydowych DNA – m.in. sekwencji zawierających instrukcję dla syntezy białka, czyli sekwencji określanych jako „gen”). Było to wstępem dla kuszących perspektyw rozwoju genetycznej modyfikacji roślin i zwierząt, a w medycynie także dla „terapii genowej”. Wprowadzenie określonych obcych genów do mikroorganizmów (bakterie, pleśnie, drożdże) doprowadziło do uzyskania genetycznie modyfikowanych organizmów (GMO), których produkty są pożyteczne dla człowieka. Jednak zastosowanie analogicznych manipulacji genetycznych na roślinach i zwierzętach rodzi wiele nowych problemów i nieoczekiwanych zagrożeń.

2. PODSTAWOWE TYPY MODYFIKACJI GENETYCZNYCH ZBÓŻ

Asortyment modyfikowanych genetycznie zbóż uprawnych jest raczej skromny. Światowe areale upraw GMO to niemal wyłącznie cztery rośliny: soja, kukurydza, rzepak i bawełna. GM soja w większości przeznaczana jest na cele paszowe, kukurydza – głównie na pasze i biopaliwa, a rzepak – do produkcji olejów jadalnych i na biopaliwa. Wbrew rozpowszechnionym opiniom, nie znajdziemy w sklepach warzywnych GM truskawek czy pomidorów.

Ponad 90% uprawianych obecnie na świecie odmian GMO zawiera jedynie dwa rodzaje modyfikacji, z których jedna powoduje oporność na herbicyd, a druga zdolność syntezy naturalnego środka owadobójczego – bakteryjnej toksyny Bt. Rośliny pierwszego typu są oznaczane jako HT (herbicide tolerant). Najczęstszą marką handlową są odmiany Roudup Ready (RR) produkowane przez firmę Monsanto, odporne na herbicyd Roundup, produkt tej samej firmy. Modyfikacja ta pozwala stosować opryski herbicydowe w czasie sezonu wegetacyjnego – chwasty giną, a odporne rośliny uprawne tolerują herbicyd i mogą rosnąć.

GM odmiany roślin odporne na suszę i inne zmiany klimatyczne, mogące rosnąć na glebach zasolonych pozostają w sferze badań laboratoryjnych i funkcjonują raczej jako chwytliwe hasła marketingowe („GMO nakarmi głodujących w krajach trzeciego świata”) niż jako rzeczywistość.

3. BIOLOGICZNE ARGUMENTY PRZECIWKO TECHNOLOGII GM W ODNIESIENIU DO ROŚLIN

Jak to wspomnieliśmy we wstępie, uformowane w ciągu ostatniego półwiecza poglądy na zjawisko życia są wyraźnie genocentryczne („gen jest istotą życia”) i zakładają prosty, jednokierunkowy przepływ informacji. Choć dogmat ten w rzeczywistości został już dawno obalony (Choraży 2011), tego typu myślenie jest wciąż silnie zakorzenione w wielu umysłach. W szczególności, przemysł biotechnologiczny i kręgi lobbujące, które głoszą, że GMO są absolutnie bezpieczne dla środowiska i dla zdrowia, opierają swoje twierdzenia na przestarzałych paradygmatach, sprzecznych z najnowszą wiedzą biologiczną.

Poniżej wyliczamy **błędne** założenia towarzyszące technologii uzyskiwania roślin genetycznie modyfikowanych. **Nie jest prawdą, że:**

- jeden gen produkuje jedno białko, o określonych właściwościach i jest odpowiedzialny za powstanie tylko jednej, konkretnej cechy,
- gen nie podlega wpływom środowiska,
- gen jest stabilny i zawsze pozostaje taki sam,
- nowy gen (transgen) pozostaje zawsze w tej lokalizacji chromosomowej, w której został pierwotnie wbudowany,
- produkt obcego genu nie oddziałuje z innymi cząsteczkami w komórce,
- dla fizjologii rośliny jest obojętne, w które miejsce chromosomu (DNA) transgen się wbudował,
- sekwencje obcego DNA, np. tzw. sekwencje promotorowe, sekwencje ułatwiające wbudowanie transgenu do DNA gospodarza i inne, nie stanowią potencjalnego zagrożenia dla integralności genomu rośliny.

W świetle współczesnej wiedzy biologicznej, żadne z powyższych założeń nie może być bezdyskusyjnie zaakceptowane. W rzeczywistości, funkcja genu (transgenu) nie jest nigdy ściśle zdefiniowana, a jego otoczenie oraz siły i procesy zachodzące w żywym organizmie mają istotny wpływ modyfikujący. Ze względu na powyższe błędne założenia, a także wskutek ograniczeń metodologicznych, inżynieria genetyczna jest zatem daleka od precyzji i przewidywalności (Ryc. 1).

Pogląd o prostym liniowym przekazie informacji genetycznej od genu (DNA) przez RNA do białka i funkcji, jest wysoce uproszczony. W rzeczywistości relacja gen:białko wcale nie przedstawia się jak 1:1. Pierwotna informacja „zapisana” w genie jest przerabiana na informację wtórną, w wyniku czego powstaje zależność gen:białko – jak jeden do wielu. Określony gen i jego produkt, w warunkach przeniesienia do obcego gospodarza przy pomocy metod inżynierii genetycznej, może dawać zupełnie nieoczekiwane efekty wynikające z interakcji cząsteczek białka między sobą.

Dla przykładu podajemy mało znane wyniki badań Prescott i współpracowników nad transgenicznym grochem. Larwy wołka zbożowego, szkodnika m.in. grochu, nie atakują nasion fasoli. Fasola zawiera bowiem białko o właściwościach silnego inhibitora amylazy – enzymu niezbędnego do trawienia zawartej w nasionach skrobi. Nasunął się zatem prosty pomysł manipulacji genetycznej polegającej na wprowadzeniu do genomu grochu genu inhibitora amylazy z fasoli. Istotnie, uzyskano transgeniczny groch zabójczy dla larw pasożyta. Ale groch ten nieoczekiwanie wykazał także silny efekt alergiczny, prowadzący do śmierci myszy doświadczalnych. To doświadczenie dobitnie pokazuje, że gen przeniesiony do innego gospodarza (gen w innym kontekście), może spowodować nieoczekiwany i niepożądany efekt biologiczny (Prescott et al. 2005).

Należy pamiętać, że ewolucja wytworzyła gatunki roślin, zwierząt i mikroorganizmów, z których każdy ma odrębną pulę genów. Odległe gatunki nie krzyżują się ze sobą w naturalnych warunkach. Przez tysiąclecia udoskonalanie odmian hodowlanych odbywało się w oparciu o naturalne mechanizmy krzyżowania roślin pokrewnych i selekcji pożądanych cech – bez sztucznej ingerencji w genom roślin. Techniki inżynierii genetycznej znajdują zastosowanie w rolnictwie dopiero od niespełna dwóch dekad; żadne wcześniejsze doświadczenia nie pozwalają przewidzieć, jakie będą tego odległe skutki.

4. WĄTPLIWOŚCI DOTYCZĄCE PROCEDUR LEGISLACYJNYCH GMO

Inne niepokojące zjawisko, to kwestia niezwykle liberalnych przepisów dotyczących zasad oceny bezpieczeństwa GM żywności.

Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków (Food and Drug Administration, FDA), która bardzo rygorystycznie przestrzega skomplikowanych i długotrwałych procedur wymaganych przy dopuszczaniu do obrotu leków i chemikaliów spożywczych, natomiast liberalnie odnosi się do badań dotyczących żywności pozyskanej ze zbóż GM. Autoryzacja odbywa się w oparciu o tzw. zasadę równoważności składnikowej (substantial equivalence). Według tej koncepcji, GM produkty są równoważne produktom konwencjonalnym i równie jak one bezpieczne, jeśli tylko zawartość głównych składników odpowiada wartościom charakterystycznym dla gatunku wyjściowego (Agriculture: A Glossary [...] 2005). Zasada równoważności składnikowej została sformułowana przez gremia urzędnicze i polityczne i nie ma żadnego naukowego uzasadnienia. W praktyce, zasada ta zwalnia firmy biotechnologiczne z obowiązku wykonywania badań toksykologicznych i umożliwia szybką legislację produktów GMO.

Także wielu europejskich naukowców uważa, że Komisja Europejska lekceważy obawy państw członkowskich w kwestii bezpieczeństwa żywności uzyskiwanej z GM roślin, a stojąca na straży naszego bezpieczeństwa EFSA (Europejski Urząd ds. Bezpieczeństwa Żywności) jest równie liberalna w ocenie dokumentacji przedstawianej jej przez firmy biotechnologiczne jak FDA. Jest bowiem wątpliwe, aby sygnalizowane w dokumentach EFSA i raportowane także przez innych badaczy, zmiany w parametrach krwi (limfocytach, granulocytach, etc.) i uszkodzenia ważnych organów (nerek, wątroby, etc.), jakie stwierdzano u zwierząt karmionych GM kukurydzą czy soją, były objawami „pozbawionymi znaczenia biologicznego” czy „wynikającymi jedynie ze zmienności osobniczej”. Takie właśnie wytłumaczenie zmian patologicznych u zwierząt doświadczalnych można znaleźć w oficjalnych materiałach EFSA.

Lektura tych dokumentów pokazuje, że w ocenie ryzyka odmian GM, zasada równoważności składnikowej traktowana jest jako niepodważalny aksjomat, a ewentualne wątpliwości zawsze są interpretowane przez EFSA na korzyść wnioskodawców, czyli producentów.

Poniżej przedstawiamy kilka przykładowych wątpliwości i zastrzeżeń dotyczących metodyki oceny ryzyka i/lub sposobu interpretacji danych doświadczalnych przez EFSA. Dane zaczerpnięto z oficjalnych materiałów EFSA dotyczących GM roślin rekomendowanych przez Komisję Europejską do obrotu, spożycia i/lub uprawy w UE (cyt. poniżej).

4.1. KUKURYDZA 1507 ODPORNA NA GLUFOSYNAT AMONOWY ORAZ WYTWARZAJĄCA TOKSYNĘ CRY1F (PIONEER)

Kukurydza ta ma cechę oporności na herbicyd, a więc jej uprawy są kilkakrotnie w sezonie wegetacyjnym opryskiwane nieobojętym dla zdrowia środkiem chwastobójczym, którego pozostałości mogą być obecne w ziarnie. Jednak ocenę bezpieczeństwa zdrowotnego (tzw. badania żywieniowe) wykonano na ziarnie roślin GM, które nie były traktowane herbicydem. Mimo to, w analizie toksyczności subchronicznej (testy 90-cio dniowe, 33% dodatek kukurydzy w paszy, grupy po 12 szczurów) wystąpiły statystycznie znamienne zmiany hematologiczne: obniżenie liczby granulocytów kwasochłonnych we krwi (eozynopenia) u samic otrzymujących GM kukurydzę. Jednak panel naukowy EFSA zlekceważył te obserwacje, konkludując: „nie uznano obserwowanych różnic za istotne biologicznie ponieważ: 1) były obserwowane tylko u

jednej płci, 2) było to jednostkowe zjawisko wśród badanych parametrów hematologicznych, 3) z powodu dużej zmienności tego parametru.”

Z kolei wnioski o degradacji białka Cry1F w żołądku wyciągnięto wyłącznie na podstawie doświadczeń *in vitro*, bez uwzględnienia specyfiki procesów trawiennych, a także interakcji z innymi składnikami paszy; nie wyjaśniono, czy pozostałości toksyny mogą znaleźć się w odchodach zwierząt. Nie podano informacji o liczebności grup, na których wykonano badanie toksyczności ostrej (14-dniowe doświadczenie na myszach); analizowano jedynie przyrost masy ciała, sekcje wykonywano bez badań patomorfologicznych narządów mięsnych.

Ocenę ryzyka najwyraźniej wykonano na zwierzętach chorych – świadczy o tym następujący zapis: „Obserwowano liczne zmiany histopatologiczne, w szczególności zapalenie wątroby, nefropatię, kardiomiopatię, u zwierząt obu płci. W mniejszym stopniu zapalenie prostaty i atrofię trzustki u samców, zapalenie trzustki oraz zmiany tłuszczowe w wątrobie u samic. Zmiany nie miały związku z kukurydzą 1507, gdyż występowały we wszystkich grupach doświadczalnych.” Urzędnicy EFSA w ogóle nie odnoszą się do tego problemu i nie kwestionują wiarygodności badań prowadzonych na chorych zwierzętach doświadczalnych.

Mimo tych wszystkich niejasności, EFSA przychyliła się do sugestii producenta, że badania postmarketingowe (postmarket monitoring) nie są potrzebne (Opinion of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms [...] 2005).

4.2. KUKURYDZA NK603 ODPORNA NA HERBICYD ROUNDUP (MONSANTO)

W badaniach toksyczności przewlekłej (testy 90-cio dniowe na szczurach, 33% dodatek kukurydzy w karmie) wykazano zmiany hematologiczne u samic. U zwierząt otrzymujących karmę z kukurydzą GM obserwowano zwiększoną ilość hemoglobiny w krwinkach (MCHC) i większą objętość krwinek (MCV), niż u zwierząt kontrolnych. W opinii EFSA czytamy kuriozalne zdania: „ponieważ obydwa te parametry oblicza się na podstawie innych parametrów krwi (MCHC = hematokryt/ilość czerwonych krwinek, MCV = hemoglobina/ilość czerwonych krwinek) producent sugeruje, że zaobserwowane różnice wynikają z nieznacznie wyższych wartości hematokrytu (lub hemoglobiny) i nieznacznie niższej liczby czerwonych krwinek w tych punktach pomiarowych. Panel EFSA akceptuje to jako rozsądną interpretację danych.” (Opinion of the Scientific Panel Genetically Modified Organisms [...] 2003). W naszej opinii rzetelność naukowa wymaga przeprowadzenia dalszych badań, które potwierdzą lub wykluczą biologiczne znaczenie zaobserwowanych zmian.

4.3. ZIEMNIAKI EH 92- 527-1, Z OBNIŻONĄ ZAWARTOŚCIĄ SKROBI AMYLOZOWEJ (BASF)

Badania toksykologiczne wykonano w grupach po 10 szczurów. U samic otrzymujących dodatek ziemniaków GM stwierdzono zmiany w układzie białokrwinkowym i wzrost masy śledziony, jednak nie analizowano morfopatologii tego narządu. W opinii EFSA czytamy: „różnice te mieszczą się w zakresie wartości obserwowanych u zwierząt otrzymujących standardową karmę laboratoryjną.”

U samców otrzymujących GM ziemniaki zaobserwowano większą liczbę cyst tarczycy niż u zwierząt kontrolnych. Wniosek: badania wykonano na zwierzętach chorych, a ziemniaki GM powodowały nasilenie zmian chorobowych. Kuriozalne stanowisko EFSA: „Cysty tarczycy występują często u szczurów, a ich liczba zmienia się z wiekiem. Panel GMO uważa, że to efekt

naturalnej zmienności i nie wymaga dalszej oceny bezpieczeństwa.” (Opinion of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms [...] 2006).

4.4. KUKURYDZA MON 89034 X 1507 X MON 88017 X 59122 OPORNA NA HERBICYD I ZAWIERAJĄCA OWADOBÓJCZE TOKSYNY CRY (MONSANTO)

Ta odmiana kukurydzy została dopuszczona do obrotu bez żadnych badań toksyczności. Uzasadnienie EFSA: „Kukurydza ta nie zawiera nowych (innych) genów niż odmiany MON 89034, 1507, MON 88017 i 59122. Nowe białka były analizowane już wcześniej i nie wykazano żadnych szkodliwości. Panel GMO EFSA nie ma danych, które mogłyby wpłynąć na ważność poprzednich konkluzji” (Scientific Opinion on application [...] 2010). Uzasadnienie EFSA jest błędne: białko jeśli znajdzie się w nowym kontekście nie zachowuje się tak jak badane osobno wcześniej. Warto w tym miejscu przypomnieć doświadczenie z inhibitorem amylazy z fasoli wprowadzonym do grochu (Prescott et al. 2005) czy lektyną przebiśniegu przeniesioną do ziemniaka (Ewen, Pusztai 1999).

5. NIEDOSTATEK NIEZALEŻNYCH BADAŃ Z ZAKRESU OCENY RYZYKA

Jedną z zasadniczych trosk towarzyszących masowemu upowszechnianiu upraw GM jest niedostatek niezależnych badań nad bezpieczeństwem tych odmian dla środowiska naturalnego i dla zdrowia ludzi i zwierząt. Trudności w prowadzeniu badań nad wpływem na środowisko były dyskutowane na łamach prasy naukowej pod wpływem listu otwartego entomologów amerykańskich z 2009 r., skierowanego do Agencji Ochrony Środowiska USA (Do Seed Companies Control GM Crop Research? 2009; Waltz 2009). W „Scientific American” z sierpnia 2009 czytamy m.in.:

- „Zgodnie z zapewnieniami biotechnologii, modyfikacje genetyczne czynią uprawy bardziej wydajnymi, niż kiedykolwiek w przeszłości. Rolnicy będą w stanie nakarmić więcej ludzi korzystając z mniejszego areału upraw. Będą zużywać mniej pestycydów i zmniejszy się stopień erozji gleb. – Niestety, zweryfikowanie tych obietnic jest niemożliwe, ponieważ przedsiębiorstwa agrotechnologiczne dały sobie prawo weta w stosunku do prac niezależnych naukowców.”
- „Przedsiębiorstwa takie jak Monsanto, Pioneer i Syngenta jawnie zabroniły użycia swoich GM nasion do jakichkolwiek niezależnych badań. Pod groźbą kary sądowej, naukowcy nie mogą testować nasion, ani porównywać warunków polowych, w jakich uprawy te udają się lub zawodzą, czy porównywać właściwości nasion różnych producentów. I co najważniejsze, nie mogą swobodnie badać, czy uprawy GM prowadzą do niezamierzonych skutków ubocznych w środowisku”.

6. NIEROZWIĄZANE PROBLEMY (KOEKZYSTENCJA, PATENTY, BEZPIECZEŃSTWO ŻYWNOŚCIOWE)

Olbrzymia presja polityczna na poszerzanie światowego areału upraw zbóż GM i metody, jakimi jest to realizowane, rodzi zasadnicze obawy i wątpliwości w zakresie skutków socjo-ekonomicznych:

- Czy korporacje powinny mieć prawo patentowania organizmów żywych? Są one przecież wytworem ewolucji, a nie człowieka; powinny zatem pozostawać dobrem wspólnym.

Zaangażowanie wielkich funduszy ze strony agrobiznesu wydaje się, jak dotychczas, przesądzać sprawę: prawo patentowe USA umożliwia patentowanie genomów, genów, sekwencji o funkcjach regulacyjnych, a także segmentów DNA o nieznanym dotychczas funkcji i znaczeniu. GM rośliny są opatentowane, a ich właścicielami są wielkie firmy produkujące nasiona i środki ochrony roślin. Ustawia to plantatorów roślin GM oraz producentów żywności w pozycji podmiotów uzależnionych od właścicieli patentów (Monsanto technology/stewardship agreement 2008).

- Czy koncentracja światowego rynku nasion w rękach kilku potężnych koncernów nie jest zagrożeniem dla światowego bezpieczeństwa żywieniowego? Monsanto dostarcza dziś rocznie ok. 90% ziarna GM na całym świecie. Równocześnie, nasila się proces przejmowania firm nasiennych przez kilka korporacji, a w niektórych krajach gwałtownie maleje dostępność konwencjonalnego ziarna siewnego (Howard 2009). Warto pamiętać, że firma Monsanto jest właścicielem patentu „terminator technology” (odkupionego od Delta & Pine Land Co.), pozwalającego produkować zboża, które plonują dając „sterylny” ziarno. Ziarno takie nie nadaje się do siewu, bo nie kiełkuje.
- Czy upowszechnianie się agrobiznesu i prymat koncernów agrochemicznych nie zagraża niezależności tradycyjnych rolników? Kontrakty z farmerami (technology agreements) zmuszają rolników nie tylko do corocznego zakupu nowego ziarna siewnego, ale także środków ochrony roślin oferowanych przez tę samą firmę. Przykładowo, w 2003 roku, dzięki tego typu kontraktom, firma Monsanto zarobiła 3.1 miliarda USD na sprzedaży pestycydów i 1.6 miliarda na sprzedaży ziarna GM. W celu kontroli przestrzegania kontraktów oraz ścigania przypadków uprawy odmian GM bez licencji, Monsanto zatrudnia do inspekcji pól znaną z brutalnych metod działania Agencję Pinkertona. Od połowy lat 90-tych ubiegłego wieku do roku 2007, Monsanto złożyła w sądach ponad 112 pozwów przeciw 372 rolnikom i 49 drobnym przedsiębiorstwom rolnym, o łamanie praw patentowych. Wyroki w 57 wygranych sprawach przyniosły Monsanto łącznie ponad 21,5 mln USD. Średni wyrok opiewał na ok. 385 tys. USD, a najwyższy (sprawa Andersona) na ponad 3 mln USD (Monsanto vs. U.S. Farmers [...] 2007). Trudno oszacować, ile z tych spraw jest niezawinionych przez rolników, tak jak w przypadku głośniejszej sprawy Percy’ego Schmeisera, który nigdy nie siał rzepaku GM, a jego pola zostały zanieczyszczone GM rzepakiem z pól sąsiadów (percyschmeiser.com [strona internetowa]).
- W warunkach gospodarstw średnioobszarowych nie ma możliwości bezpiecznych upraw zbóż GM obok upraw zbóż tradycyjnych (koegzystencja). Zanieczyszczenie obejmuje przenoszenie się cech roślin GM na rośliny tradycyjne na drodze przepylecia, ale też rozsiewanie się GM nasion przeniesionych na sąsiednie pola przez wiatr, zanieczyszczone maszyny rolnicze itp. Proponowane pasy ochronne, rozdzielające oba typy upraw są niewystarczającym zabezpieczeniem. Sytuacja byłaby natomiast bezwzględnie niebezpieczna, gdyby obok upraw tradycyjnych zbóż spożywczych były stosowane uprawy zbóż GM z nowymi cechami przydatnymi np. dla celów chemii przemysłowej lub produkcji biopreparatów dla celów leczniczych.

7. ŻYWNOSĆ Z ROŚLIN GM – REALNE I POTENCJALNE ZAGROŻENIA

W powszechnej opinii najwięcej obaw budzi kwestia czy żywność pochodząca z roślin GM jest zdrowa i czy nie zagraża przyszłym pokoleniom. W chwili obecnej mamy stosunkowo niewiele udokumentowanych doniesień o zagrożeniach dla zdrowia. Warto jednak pamiętać, że w USA,

gdzie żywność ta najdłużej jest obecna na rynku (pierwszy transgeniczny produkt, pomidor Flavr Savr dopuszczony na rynek w 1994 r.), nigdy nie była ona znakowana. Dlatego nie ma możliwości przeprowadzenia jakichkolwiek badań epidemiologicznych. Jeżeli zaś chodzi o badania laboratoryjne, to Séralini i współpracownicy przestrzegają, że stosowane dziś schematy doświadczalne w ocenie ryzyka, nie pozwalają wykryć odległych skutków stosowania takiej diety. Ponadto, niesłusznie ignorowane są obserwacje, w których pojawia się zależność od płci lub nieliniowe efekty związane z dawką lub czasem ekspozycji. Większą uwagę powinno się więc zwracać na potencjalne ryzyko chorób hormono-zależnych oraz wczesne symptomy toksyczności, a schematy doświadczalne powinny zostać odpowiednio zmodyfikowane i dostosowane do detekcji efektów chronicznej ekspozycji oraz wpływu na następne pokolenia (Séralini et al. 2009).

Potencjalne ryzyko zdrowotne obejmuje zarówno następstwa manipulacji genetycznych jak i efekty samej technologii upraw GMO (opryski herbicydem w uprawach HR, obecność toksyny Cry w odmianach Bt). Szersze omówienie niektórych realnych i potencjalnych założeń przedstawiamy poniżej.

- Wykazano, że śladowe ilości glyfosatu oraz produkty jego rozkładu i dodatkowe substancje Roundupu wywołują hamowanie procesów podziału komórek zarodka, uszkodzenie komórek łożyska a także zaburzenia syntezy hormonów sterydowych i szlaków sygnałowych regulowanych obecnością kwasu retinowego, co może powodować zaburzenia rozrodu (Walsh et al. 2000; Paganelli et al. 2010). Oceniono toksyczność czterech komercyjnych preparatów glyfosatu w rozcieńczeniu 10^{-5} , które jest daleko niższe od stosowanych w rolnictwie i odpowiada śladowym ilościom obecnym w żywności lub paszy. Preparaty handlowe porównano z czystym glyfosatem oraz z jego głównym metabolitem, AMPA (kwas aminometylo fosforowy) oraz z jednym z dodatków technologicznych POEA (poliethoksylo-tallowaminą). Wszystkie preparaty Roundupu powodowały śmierć nekrotyczną i apoptotyczną ludzkich komórek pępowinowych, łożyskowych i zarodkowych w ciągu 24 godzin w hodowli *in vitro*. AMPA i POEA wykazywały działanie synergistyczne, nasilając toksyczność glyfosatu (Benachour, Séralini 2009).
- Poliakrylamid jest składnikiem herbicydu Roundup dodawanym w celu polepszenia właściwości fizycznych preparatu (dyspersja, przyczepność). Wysoka temperatura i światło rozkładają poliakrylamid do monomerów – akrylamidu, który jest substancją neurotoksykzną i rakotwórczą. Istnieją uzasadnione obawy, że opylania plantacji GMO herbicydem Roundup powodują akumulację akrylamidu w jadalnych częściach roślin.
- Ryzyko przeniesienia cechy antybiotykooporności na bakterie chorobotwórcze wynika z obecności genu oporności na antybiotyki w wektorach (nośnikach transgeny). Gen oporności na antybiotyki/i umieszcza się w wektorze, aby umożliwić selekcję transgenicznych komórek w procesie produkowania rośliny GM. Możliwy jest poziomy transfer tego genu do genomu bakterii obecnych w przewodzie pokarmowym zwierzęcia karmionego GM paszą i dalsze przekazywanie tego genu innym bakteriom. Obecność sekwencji wektora w bakteriach jelitowych człowieka zaobserwowano w jedynym jak dotąd tego typu badaniu (Netherwood et al. 2004).
- Ryzyko alergii wiąże się z obecnością toksyny Bt (białko Cry) a także nowych substancji powstających jako niezamierzony efekt uboczny transgenezy. Bakteria *Bacillus thuringiensis*, z której pozyskuje się sekwencje genu Bt, gromadzi białka Cry w postaci kryształków. Toksyna Cry jest aktywowana w przewodzie pokarmowym owadów docelowych, jednak jej obecność w produktach roślinnych może mieć wpływ na funkcje jelit

także u ssaków. Z ponad 100 znanych odmian białka Cry, najlepiej przebadanym w kontekście immunogenności, jest Cry1Ac. Obserwowano silną reakcję immunologiczną na to białko, a także obecność receptorów anty-Cry1Ac w śluzówce jelita cienkiego myszy (Vázquez-Padrón et al. 2000a). Ze względu na właściwości Cry1Ac zespół Vázquez-Padrón prowadzi badania nad zastosowaniem tego białka jako adjuwantu nasilającego systemową odpowiedź immunologiczną na szczepienia przeciwko różnym chorobom (Nagui El-Sayed 1998; Vázquez et al. 1999; Vázquez-Padrón 1999; Vázquez-Padrón et al. 2000b). Z kolei toksyny Cry3Bb, obecnej w kukurydzy MON863, w ogóle nie testowano na ssakach.

- Ryzyko związane z obecnością sekwencji wirusowych (wirus mozaiki kalafiora, retrowirusy zwierzęce, inne wirusy), stosowanych jako nośniki transgenów i do regulacji jego aktywności. Sekwencje pochodzenia wirusowego mogą rekombinować, wyszczepiać się i tworzyć nowe typy cząsteczek patogennych, mogą powodować transpozycję endogennych sekwencji DNA i horyzontalny transfer fragmentów DNA. Sekwencje promotorowe mogą powodować niespecyficzną aktywację niedocelowych genów. Promotor CaMV (ang. califlower mosaic virus) stosowany powszechnie w GM roślinach, zawiera sekwencje nasilające transkrypcję (enhancerowe) transgenów i aktywne miejsca rekombinacji (stąd – potencjał mutacyjny). W roślinach GM indukuje różnorodne profile niestabilności a także wyciszanie genów, pojawianie się niespecyficznego transkrypcyjnego, przedwczesną poliadenylację itp. W roślinach GM, obok sekwencji CaMV35S pojawiają się fragmenty transgenów, fragmenty retrotranspononów i sekwencje niezidentyfikowane (np. Opinion of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms [...] 2003, 2005, 2006). Istnieje liczne piśmiennictwo dotyczące właściwości i zachowań promotora CaMV35S w roślinach GM.
- Niezamierzone skutki uboczne transgenezy. Przykładem mogą być cytowane wcześniej doświadczenia, w których przeniesienie genu inhibitora amylazy z fasoli do grochu spowodowało silną immunogenność GM grochu (Prescott et al. 2005). Podobne zjawisko zaobserwował Arpad Pusztai, który przeniósł gen lektyny z genomu przebiśniegu (*Galanthus nivalis*), do ziemniaka, aby wzmocnić jego odporność na mszyce i nicienie. Sama lektyna jest nieszkodliwa dla ssaków, jednak GM ziemniaki powodowały spowolnienie wzrostu szczurów doświadczalnych oraz różne zmiany somatyczne (m.in. patologiczny rozrost śluzówki jelit). Efekty te mogły powstać wskutek mutagenyzy insercyjnej, wyciszenia lub aktywacji niedocelowych genów, zmienności somaklonalnej, etc. (Ewen, Pusztai 1999).
- Badania zespołu Manuela Malatesty nad wpływem GM soi odpornej na glyphosat wykazały zmiany w ultrastrukturze komórek i metabolizmie komórkowym oraz zmiany funkcjonalne w różnych narządach myszy, m.in. zahamowanie syntezy i obróbki proenzymów trzustkowych (Malatesta et al. 2003), zmiany ultrastruktury i stężenia niektórych białek w komórkach Sertoliego w jądrach (Vecchio et al. 2004), zaburzenia wydajności transkrypcji i składania mRNA (splicing) w kilkukomórkowych zarodkach (Cisterna et al. 2008). W wątrobie myszy karmionych GM soją obserwowano znaczące zmiany ultrastruktury hepatocytów (Malatesta et al. 2002). Zmiany te pojawiają się już po miesiącu diety zawierającej GM soję i cofają się w ciągu miesiąca od wycofania diety GMO (Malatesta et al. 2005). Wykazano też zmiany w ekspresji białek zaangażowanych w swoisty metabolizm hepatocytów oraz białek związanych z odpowiedzią na stres, sygnalizacją za pośrednictwem jonów wapnia i sygnalizacją mitochondrialną. Bardziej wyraźna była też ekspresja markerów związanych ze starzeniem komórkowym (Malatesta et al. 2008a). Badania *in vitro*, z użyciem Roundupu w stężeniach od 1-10 mM sugerują, że to właśnie śladowe ilości herbicydu mogą być przyczyną wymienionych zaburzeń w ultrastrukturze i metabolizmie komórkowym u zwierząt karmionych GM soją (Malatesta et al. 2008b).

- W lutym 2011 roku obieła media informacja o wykryciu nowego organizmu o morfologii mikroskopijnego grzyba (widoczny w mikroskopie elektronowym przy powiększeniu 36 000 x). Organizm ten ma występować w dużych stężeniach w produktach żywnościowych otrzymywanych ze zbóż RR (odpornych na Roundup) i w żołądkach zwierząt gospodarskich karmionych paszą z roślin GM. Przypuszcza się, że jego występowanie jest związane z chorobami roślin uprawnych i zaburzeniami płodności zwierząt hodowlanych. Informacje te nie były dotąd publikowane w żadnym periodyku naukowym. Informacje pochodzą z listu otwartego emerytowanego profesora Uniwersytetu Purdue z Indiany, koordynatora Komitetu Chorób i Patogenów (Emergent Diseases and Pathogens committee) amerykańskiego Towarzystwa Fitopatologicznego (Ananda 2011). W liście z 17.01.2011, prof. Don M. Huber pisze, że został o tych badaniach powiadomiony przez grono uznanych naukowców i apeluje do Toma Vilsacka, Sekretarza Rolnictwa USA o zablokowanie rejestracji kolejnych odmian typu RR, do czasu zakończenia badań nad nowym patogenem i jego potencjalnie szkodliwymi właściwościami. Najbliższa przyszłość powinna przynieść wyjaśnienie wiarygodności tej intrygującej informacji.

8. POTENCJALNE RYZYKO DLA ŚRODOWISKA

Naturalny łań w przyrodzie obejmuje złożone łańcuchy pokarmowe i inne wzajemne relacje organizmów żywych, od poziomu mikroorganizmów (bakterie, pleśnie glebowe itp.) do poziomu świata zwierzęcego. Zagrożenia środowiskowe dotyczą zaburzenia łańcuchów pokarmowych w ekosystemach rolniczych oraz w glebie i w wodach – tam, gdzie stosowana jest technologia upraw zbóż GM. Zagrożenia obejmują także zanieczyszczenie tradycyjnych upraw domieszką GM, „ucieczkę transgenów” do dzikich ekosystemów (krzyżowa hybrydyzacja z gatunkami dzikimi), powstawanie chwastów opornych na herbicydy (superchwasty) i szkodników uodpornionych na toksynę Bt. W uprawach HR obserwuje się naruszenie łańcuchów pokarmowych: zanik chwastów powoduje wymieranie owadów (żywiących się nektarem chwastów) i redukcję pogłowia ptaków (żywiących się nasionami chwastów oraz owadami). Kumulacja toksyn Bt w glebie powoduje sterylizację gleby, a w następstwie jej jałowienie i niekorzystne zmiany jej struktury. Jako środek zapobiegawczy negatywnym skutkom upraw GM na środowisko, UE w swoich regulacjach prawnych zaleca pozostawianie w uprawach GM ostoi i obrzeży, gdzie nie wolno stosować oprysków herbicydami lub pestycydami.

Już w 2000 r. w artykule opublikowanym w „Science” alarmowano, że w długookresowej perspektywie uprawy GM będą stanowić poważne zagrożenie dla różnorodności środowiska (Wolfenbarger, Phifer 2000). Praktyka pokazuje, że bezszkodowe współistnienie (tzw. koegzystencja) między zbożami GM i konwencjonalnymi nie jest możliwe (Altieri 2005). W krajach, gdzie uprawia się odmiany GM zakup czystego ziarna siewnego odmian tradycyjnych staje się problematyczny. Światowy rejestr przypadków kontaminacji tradycyjnych upraw i żywności zarówno legalnymi, jak i nieautoryzowanymi odmianami GMO notuje rocznie po kilkadziesiąt przypadków (GMcontaminationregister.org [strona internetowa]).

Przykłady udokumentowanej szkodliwości środowiskowej upraw GMO:

- Pyłek oraz resztki poźniwe GM kukurydzy Bt są obecne w ciekach przy uprawach polowych i działają niekorzystnie na organizmy wodne, co może prowadzić do zaburzeń w łańcuchu troficznym ekosystemów wodnych (Rosi-Marshall et al. 2007)

- Stwierdzono występowanie toksyny Bt w wodach rzek i sedymentach w pobliżu pól GM kukurydzy, w stężeniu, które w warunkach doświadczalnych powodowało zahamowanie przyrostu masy dżdżownic (Gagné et al. [b.r.]).
- Toksyna Bt (Cry1Ab) gromadzi się głównie w korzeniach i ryzosferze kukurydzy, kumuluje się w glebie, zaś jej rozkład jest bardzo wolny i w klimacie Europy centralnej sięga ponad 200 dni (Tebbe 2003).
- Kukurydza MON88017 produkuje średnio 905 g toksyny Cry3Bb1 na hektar, czyli czterokrotnie więcej niż wynosi średnie zużycie konwencjonalnych pestycydów w uprawach tradycyjnych. Nowe odmiany GM kukurydzy (np. Smart Stax) zawierają po sześć różnych genów Bt, można więc szacować, że będą one produkować odpowiednio więcej toksyny (Nguyen et al. 2009).
- Transgeniczna kukurydza rozprzestrzenia się samoczynnie w środowisku powodując skażenie genetyczne natywnych odmian w Meksyku, który jest kolebką tego zboża (Quist, Chapela 2001; Piñeyro-Nelson et al. 2009)
- W Japonii, gdzie nie uprawia się w ogóle odmian GM, znaleziono transgeniczny rzepak rosnący w pięciu z sześciu głównych portów i wzdłuż dwóch z czterech badanych poboczy dróg. Prawdopodobnie zanieczyszczenie pochodzi z importowanych nasion, zgubionych podczas transportu do zakładów olejarskich (Saji et al. 2005). Udokumentowano także zjawisko krzyżowania się transgenicznego rzepaku (*Brassica napus*) ze dziczykami populacjami blisko spokrewnionych gatunków, *B. rapa* i *B. juncea* (Aono et al. 2006)
- Nadużywanie jednego rodzaju herbicydu prowadzi do powstawania oporności chwastów na dany herbicyd na drodze różnych mechanizmów adaptacyjnych. Przykładem jest uzyskanie oporności na glyphosat przez szarłat Palmera (*Amaranthus palmeri*) wskutek amplifikacji genu EPSPS kodującego enzym, którego funkcja ma być blokowana przez ten herbicyd (Gaines 2010). Inny problem to przenoszenie modyfikacji genetycznej poprzez zapylenie krzyżowe (Arnaud et al. 2003; Gepts, Papa 2003; Jenczewski et al. 2003). Plaga superchwastów jest szczególnie dotkliwa w Argentynie i USA, gdzie zmusza ona rolników do stosowania coraz większych dawek herbicydów oraz herbicydów bardziej toksycznych, a nawet do ręcznego usuwania chwastów czy wręcz do porzucania zachwaszczonych upraw (Benbrook 2009a). Rozwój plagi superchwastów w latach 1999–2007 obrazuje Tabela 1.

9. DRZEWA GM

Przy okazji omawiania zbóż GM sygnalizujemy pojawienie się nowego problemu – trwają intensywne prace nad produkcją leśnych drzew transgenicznych. Wzrastające zużycie papieru (w USA ok. 400 kg/osobę/rok) powoduje stały popyt na masę drzewną. Drzewa transgeniczne mają zabezpieczyć nie tylko rosnące zapotrzebowanie przemysłu papierniczego, ale – jak głoszą nośne hasła marketingowe – mają także zwiększyć sekwestrację CO² i zapobiec wycinaniu lasów tropikalnych. Koncern samochodowy Toyota wszedł we współpracę z firmą Monsanto argumentując, że drzewa GM mogą skompensować produkcję dwutlenku węgla wydalanego przez samochody (!).

Drzewa GM (głównie osika, topola i świerk) charakteryzują się niską zawartością ligniny, produkcją pestycydu (toksyna Bt) i tolerancją na herbicydy a także szybkim wzrostem (osika GM wykazuje 1 metr przyrostu na miesiąc w okresie wegetacyjnym!).

Wizja „lasów” GM jest przerażająca: są to uprawy krótko żyjących drzew, bez runa (podszybia), bez owadów, ptaków i innych zwierząt. Uprawy te falują pod wpływem wiatru jak zboża (drzewa są wiotkie wskutek obniżenia zawartości ligniny). Ryzyko przeniesienia transgenów z drzew GM na lasy naturalne jest realne, bo pyłek kwiatów drzew przenosi się na odległość wielu kilometrów. Aby temu zapobiec wprowadza się do drzewa GM jeszcze dodatkowe geny blokujące kwitnienie, np. toksynę z bakterii wywołującej koklusz. Taki zabieg pozwala uzyskać jednocześnie większą masę drzewną, bo kwitnienie jest energochłonnym procesem. Trzeba mieć świadomość, że GM drzewa nie oszczędzą lasów tropikalnych, bo te służą jako źródło twardych gatunków drewna dla celów budowlanych i przemysłu meblarskiego.

10. WYDAJNOŚĆ I OPLACALNOŚĆ UPRAW GMO

Większość analiz wykazuje, że plenność GM zbóż nie jest większa w porównaniu z plennością odmian tradycyjnych (Gurian-Sherman 2009; Who benefits from GM crops 2009; The Impact of Genetically Engineered Crops [...] 2010). W odniesieniu do soi obrazuje to Tabela 2. Co więcej, ceny ziarna odmian GM są w większości krajów wyższe niż ziarna tradycyjnego. Wynika to z opłat licencyjnych (technology fee) wliczanych w cenę ziarna siewnego (Benbrook 2009b). W Europie koszt przestrzegania zaleceń dotyczących koegzystencji odmian GM i tradycyjnych szacuje się średnio na 84 Euro/hektar, co przesądza o mniejszej opłacalności tych upraw (Gómez-Barbero 2006).

Raport Amerykańskiej Akademii Nauk z 2010 r. podsumowujący korzyści i zagrożenia związane z technologią GMO w rolnictwie ocenia, że rolnicy amerykańscy zyskali dzięki ułatwieniom w zwalczaniu chwastów i szkodników, a także dzięki przestawieniu się z systemu głębokiej orki na mniej pracochłonny i bardziej ekologiczny (mniejsza erozja) system siewu bezpośredniego. Raport ostrzega jednak, że w dalszej perspektywie zyski te, zarówno w odniesieniu do ekonomii, jak i środowiska, mogą okazać się przejściowe. Jest to związane z pojawianiem się chwastów opornych na powszechnie stosowane herbicydy na bazie glyfosatu. Raport zwraca także uwagę, że jak dotąd, skomercjalizowano bardzo ograniczone spektrum modyfikacji genetycznych (praktycznie tylko odmiany wykazujące oporność na herbicyd i/lub zdolność syntezy toksyn Bt). Przemysł biotechnologiczny nie jest bowiem zainteresowany komercjalizacją innych GM odmian (takich jak odmiany odporne na suszę, zasolenie gleby, chłód, itp.) ze względu na ich „niedostateczny potencjał marketingowy” (The Impact of Genetically Engineered Crops [...] 2010). Szersze omówienie problemu opłacalności upraw GMO zawierają prace: Lisowska 2010 i Lisowska, Chorąży 2010. Tabela 2.

11. ZUŻYCIE CHEMICZNYCH ŚRODKÓW OCHRONY ROŚLIN

Zastosowanie odmian GM miało przynieść obniżenie zużycia pestycydów w rolnictwie. Przeczy temu raport Charlesa Benbrooka podsumowujący 13 lat stosowania technologii GMO w rolnictwie amerykańskim (Benbrook 2009a). W oparciu o dane amerykańskiego Departamentu Rolnictwa raport wylicza znaczący wzrost zużycia glyfosatu przy równoczesnym spadku zużycia innych herbicydów, przy czym łączne zużycie zaczyna wykazywać tendencję wzrostową. Nie należy również zapominać, że odmiany Bt same produkują naturalny pestycyd, toksynę Cry, w ilościach znacznie przewyższających ilości stosowane w opryskach i o większej trwałości niż w przypadku oprysków. Rosnące wraz z przyrostem areалу upraw HT (odpornych na herbicyd) zużycie glyfosatu przedstawia Tabela 3.

12. GMO W POLITYCE MIĘDZYNARODOWEJ

W gospodarce światowej toczy się bezpardonowa rywalizacja, której celem jest opanowanie dostępu do zasobów naturalnych (kopaliny, zasoby oceanów, lasy tropikalne), walka o pozyskanie nowych źródeł energii i zajęcie czołowych pozycji na rynku światowym. Dotyczy to również rynku żywności. Wprowadzenie na wielkich arealach upraw zbóż GM jest jednym z elementów procesu przejmowania gruntów rolnych dla celów agrobiznesu i przemysłu biotechnologicznego. Z procesem tym wiążą się zabiegi polityczne koncernów mające za cel wymuszanie dopuszczenia na rynki spożywcze i paszowe produktów GM przez kolejne państwa. Narzędziami w tym dziele są rządy państw już zaangażowanych w masowe uprawy GM zbóż, a głównym graczem są USA. Wielkie organizacje międzynarodowe, np. Światowa Organizacja Handlu (WTO) są często używanym następnym narzędziem w procesie wywierania nacisków na kraje, które nie zezwalają na uprawy GMO. Pod presją WTO Komisja Europejska kilkakrotnie bezskutecznie próbowała dyscyplinować kraje, które zakazały GM upraw (Francja, Niemcy, Austria i in.). Stale podejmowane są także starania, aby żywność wytworzona z udziałem GMO nie była znakowana. W tym celu wykorzystywane są WTO i Codex Alimentarius. W interesie przemysłu biotechnologicznego jest także, aby znieść w prawodawstwie kolejnych krajów zakaz patentowania organizmów żywych; naciski ze strony USA są wywierane m.in. na Indie, Danię i Tajlandię. Protokół z Kartagenu o bezpieczeństwie biologicznym, który reguluje m.in. kwestie międzynarodowe odnośnie GMO, jest stale kontestowany i nie został podpisany przez kraje tzw. „Grupy Miami” (Argentyna, Australia, Kanada, USA i inni), skupiającej największych producentów GM zbóż i żywności.

Amerykańskie depesze dyplomatyczne ujawnione w 2010 r. przez portal Wikileaks potwierdzają, że kwestia upraw GMO w różnych krajach jest obiektem stałych nacisków ze strony USA. Powiększanie światowego arealu GM upraw jest w tych depeszach przedstawiane jako strategiczny rządowy i komercyjny imperatyw (cable 07PARIS4723 2010; cable 09VATICAN119 2010; cable 08MADRID98 2010; cable 09MADRID482 2010)

Kierując się zasadą przezorności, a także w trosce o swój interes ekonomiczny i o własnych rolników, kolejne kraje europejskie wprowadzają zakazy upraw GM lub ograniczają te uprawy poprzez tworzenie administracyjnych stref wolnych od GMO. Irlandia oraz Walia prawie w 100% objęte są strefą wolną od GMO, zaś Anglia w blisko 50%. W Szwajcarii obowiązuje moratorium na uprawy GMO wprowadzone w wyniku ogólnonarodowego referendum. Osiem krajów UE: Francja, Niemcy, Luksemburg, Grecja, Austria, Węgry, Bułgaria i Włochy, wprowadziło zakazy upraw obydwu zalegalizowanych w Europie odmian GMO (kukurydza MON810 i ziemniak Amflora) lub tylko jednej z nich. Wbrew temu, czym straszą rodzime media, Komisja Europejska nie ma odpowiedniej mocy, aby przegłosować kary finansowe wobec tych krajów. Właśnie dlatego trwają obecnie prace nad poluzowaniem restrykcji i przekazaniem rządów krajów członkowskich możliwości decydowania o uprawach GMO. Trendy upraw GMO w Europie obrazuje tabela 4.

13. POLSKIE ROLNICTWO I GMO

Zgodnie z Konstytucją RP, podstawą ustroju rolnego ma być gospodarstwo rodzinne. Błędne koncepcje przekształceń polskiego rolnictwa po roku 1989 doprowadziły do bankructwa ponad 1,5 mln drobnych gospodarstw rolnych. „Restrukturyzacja” rolnictwa prowadzona w Polsce nie ma celów społecznych; ma charakter destrukcyjny: generuje bezrobocie, rosnące obszary biedy na wsi, kumulację ziemi w wielkoobszarowych gospodarstwach. Zezwolenie na komercyjne

uprawy odmian GM, co ma umożliwić nowa ustawa o GMO (zgodnie z rządowym projektem, druk 2547) spowoduje nasilenie tych niekorzystnych procesów.

Polska nie ma żadnego powodu by sięgać po uprawy GMO, mając nadprodukcję własnej, cieszącej się dobrą marką i renomą żywności. Wprowadzenie do obrotu i uprawy roślin GM zagraża głównym priorytetom w rozwoju polskiego rolnictwa i strategii eksportu naszych produktów rolnych. Tradycyjne gatunki i stare odmiany roślin to nasze bogactwo biologiczne, które Polska wniosła do zubożonej przyrodniczo zachodniej Europy. Konkurentom zagranicznym może zależeć na wymuszeniu na Polsce zgody na uprawy GM, aby podważyć nasz atut czystej ekologicznie i genetycznie żywności.

W interesie polskiego rolnictwa, ludności wiejskiej, ale również konsumentów, należałoby wprowadzić zakaz upraw GMO oraz podjąć pilne działania na rzecz rozwoju gospodarstw rodzinnych, odbudowy drobnotowarowej produkcji spożywczej, lokalnych rynków handlu bezpośredniego i spółdzielczości.

14. OCENA RZĄDOWEGO PROJEKTU USTAWY O GMO

Nie budzą zastrzeżeń proponowane regulacje dotyczące zamkniętego użycia GMO. W Polsce powinniśmy bowiem promować biotechnologie oparte o mikroorganizmy i rozwijać technologie „białe”. Wybiórczo mogą być wprowadzane – w systemie zamkniętym – biotechnologie dla pozyskiwania biopreparatów z transgenicznych roślin i zwierząt, dla potrzeb medycyny.

Autorzy ustawy nie dostrzegają jednak licznych zagrożeń, jakie wiążą się z uprawami GM a także, nie zdają sobie sprawy z całej ogromnej logistycznej złożoności swoich propozycji i osadzenia ich w realiach polskiego rolnictwa i polskich stosunków socjalnych na wsi.

Poniżej przytaczamy trzy najistotniejsze nurty krytyki projektu nowej ustawy o GMO, pojawiające się w opiniach i stanowiskach, które wpłynęły do Biura Analiz Sejmowych w 2010 r. (Stankiewicz 2010):

1. Skutki uwalniania GMO do środowiska są dalekosiężne i nieodwracalne, a równocześnie znacznie groźniejsze od skutków powodowanych przez jakiegokolwiek inne czynniki zagrażające obecnie bioróżnorodności i jakości środowiska, przy czym rzeczywista skala zagrożeń pozostaje wciąż nierozpoznana.
2. Koegzystencja upraw GM i tradycyjnych oraz ekologicznych jest *de facto* niemożliwa. Zbyt wiele nieprzewidywalnych czynników decyduje bowiem o „ucieczce genów”, czyli o niekontrolowanym rozprzestrzenianiu się pyłku lub nasion. Ze względu na rozdrobnioną strukturę agrarną polskiego rolnictwa; rolnictwo ekologiczne i transgeniczne wykluczają się.
3. Uprawa GMO jest sprzeczna z dalekowzrocznym interesem polskiego rolnictwa i przemysłu spożywczego; dopuszczenie odmian GMO uderzy w tradycyjny model polskiego rolnictwa, zgrozi konkurencyjnej pozycji polskiej żywności w UE i może doprowadzić do szybkiego wzrostu bezrobocia.

15. KONKLUZJE

Nie ulega wątpliwości, że w decyzjach w sprawie dopuszczenia upraw polowych roślin GM, należy stosować **zasadę przezorności**. Ryzyko popełnienia nieodwracalnych zmian w środowisku przyrodniczym jest bowiem realne. Zgodnie z aktualną wiedzą biologiczną nie

można też wykluczyć zagrożeń zdrowotnych. I wreszcie, nie można promować technologii, które kolidują z rosnącą świadomością społeczną oraz ze społeczną troską o przyszłość życia na Ziemi.

W naszym najgłębszym przekonaniu, zgodnie z aktualnym stanem wiedzy, na uprawy polowe roślin GM powinno być nałożone w Polsce moratorium na okres co najmniej 10 lat. Jest to podyktowane zarówno względami bezpieczeństwa, jak i troską o interes społeczno-ekonomiczny polskiego rolnictwa.

16. LITERATURA

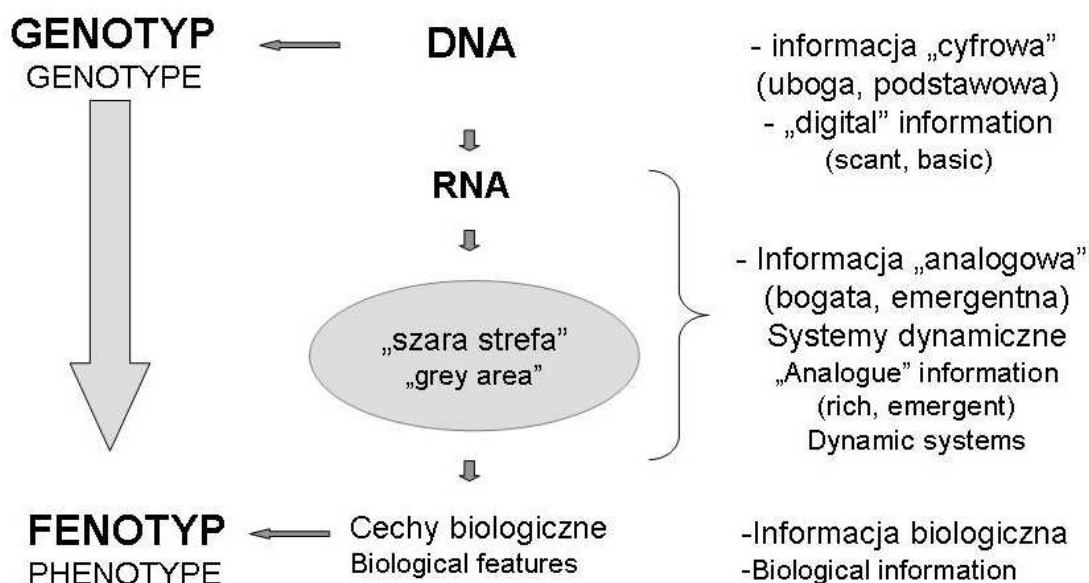
- Agriculture: A Glossary of Terms, Programs, and Laws, 2005 Edition (str. 250), CRS Report for Congress, <<http://ncseonline.org/nle/crsreports/05jun/97-905.pdf>>, dostęp: 28 lutego 2011.
- ALTIERI M. A. 2005. The myth of coexistence: why transgenic crops are not compatible with agroecologically based systems of production. *Bulletin of Science, Management and Society* **25**: 361–371.
- ANANADA R. 2011. Scientists warn of link between dangerous new pathogen and Monsanto's Roundup, 02/20/11, <<http://www.thepeoplesvoice.org/TPV3/Voices.php/2011/02/20/scientists-warn-of-link-between-dangerou>>, dostęp: 28 lutego 2011.
- AONO, M., WAKIYAMA S., NAGATSU M., NAKAJIMA N., TAMAOKI M., KUBO A., SAJI H. 2006. Detection of feral transgenic oilseed rape with multiple-herbicide resistance in Japan. *Environmental Biosafety Research* **5**(2): 77–87.
- ARNAUD J.-F., VIARD F., DELESCLUSE M., CUGUEN J. 2003. Evidence for gene flow via seed dispersal from crop to wild relatives in *Beta vulgaris* (Chenopodiaceae): consequences for the release of genetically modified crop species with weedy lineages. *Proc. Roy. Soc. London, Ser. B, Biol. Sci.* **270**(1524): 1565–1571.
- BENACHOUR N., SÉRALINI G.-E. 2009. Glyphosate formulations induce apoptosis and necrosis in human umbilical, embryonic, and placental cells. *Chemical Research in Toxicology* **22**(1): 97–105.
- BENBROOK C. 2009a. The Organic Center Critical Issue Report: Impacts of Genetically Engineered Crops on Pesticide Use in the United States: The First Thirteen Years, <<http://www.organic-center.org/reportfiles/GE13YearsReport.pdf>>, dostęp 28 lutego 2011.
- BENBROOK C. 2009b. The Organic Center Critical Issue Report: The magnitude and impact of the biotech and organic seed price premium, <http://www.organic-center.org/reportfiles/Seeds_Final_11-30-09.pdf>, dostęp: 28 lutego 2011.
- Cable 07PARIS4723, 2010, <<http://213.251.145.96/cable/2007/12/07PARIS4723.html>>, dostęp: 28 lutego 2011.
- Cable 09VATICAN119, 2010, <<http://wikileaks.ch/cable/2009/11/09VATICAN119.html>>, dostęp 28 lutego 2011.
- Cable 08MADRID98, 2010, <<http://213.251.145.96/cable/2008/02/08MADRID98.html>>, dostęp: 28 lutego 2011.
- Cable 09MADRID482, 2010, <<http://213.251.145.96/cable/2009/05/09MADRID482.html>>, dostęp: 28 lutego 2011.
- CHORAŻY M. 2011. Wprowadzenie do biologii systemów. *Nauka* **2011**(1): 59–84.
- CISTERNA B., FLACH F., VECCHIO L., BARABINO S. M., BATTISTELLI S., MARTIN T.E., MALATESTA M., BIOGGIERA M. 2008. Can a genetically-modified organism-containing diet influence embryo development? A preliminary study on pre-implantation mouse embryos. *European Journal of Histochemistry* **52**(4): 263–267.
- Do Seed Companies Control GM Crop Research? 2009. Scientific American Magazine, <<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=do-seed-companies-control-gm-crop-research>>, dostęp: 28 lutego 2011.

- EWEN S. W., PUSZTAI A. 1999. Effect of diets containing genetically modified potatoes expressing *Galanthus nivalis* lectin on rat small intestine. *Lancet* **354**(9187): 1353–1354.
- foei.org [strona internetowa], <<http://www.foei.org/>>, dostę: 28 lutego 2011.
- GAGNE F., DOUVILLE M., BLAISE C., MARINEAU A. [b.r.]. Release and Potential Impacts of Biological Toxins Bt Genetically-Modified Corn Crops and Biopesticide Application. Poster Communication, <<http://www.mindfully.org/GE/GE3/Bt-St-Lawrence-River-GagneDec01.htm>>, dostę: 28 lutego 2011.
- GAINES T. A., ZHANG W., WANG D., BUKUN B., CHISHOLM S. T., SHANER D. L., NISSEN S. J., PATZOLDT W. L., TRANEL P. J., CULPEPPER A. S., GREY T. L., WEBSTER T. M., VENCILL W. K., SAMMONS R. D., JIANG J., PRESTON C., LEACH J. E., WESTRA P. 2010. Gene amplification confers glyphosate resistance in *Amaranthus palmeri*. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A* **107**(3): 1029–1034.
- GEPTS P., PAPA R. 2003. Possible effects of (trans)gene flow from crops on the genetic diversity from landraces and wild relatives. *Environmental Biosafety Research* **2**(2): 89–103.
- GMcontaminationregister.org [strona internetowa], <<http://www.gmcontaminationregister.org/>>, dostę: 28 lutego 2011.
- GÓMEZ-BARBERO M., RODRIGUEZ-CEREZO E. 2006. Economic Impact of Dominant GM Crops Worldwide: a Review. EUR 22547 EN. EUROPEAN COMMISSION DG JRC-IPTS, Sustainability in Agriculture, Food and Health Unit. <http://ec.europa.eu/food/food/biotechnology/evaluation/docs/economic_impact_of_gm_crops_jrc.pdf>, dostę: 28 lutego 2011.
- GURIAN-SHERMAN D. 2009. Failure to yield: Evaluating the Performance of Genetically Engineered Crops., Union of Concerned Scientists. <http://www.ucsusa.org/food_and_agriculture/science_and_impacts/science/failure-to-yeild.html>, dostę: 28 lutego 2011.
- HOWARD P. H. 2009. Visualizing consolidation in the global seed industry: 1996–2008. *Sustainability* **2009**(1): 1266–1287.
- JENCZEWSKI E., RONFORT J., CHEVRE A. M. 2003. Crop-to-wild gene flow, introgression and possible fitness effects of transgenes. *Environmental Biosafety Research* **2**(1): 9–24.
- LISOWSKA K. 2010. Genetycznie modyfikowane uprawy a zrównoważone rolnictwo i nasze zdrowie. *Journal of Ecology and Health* **6**(2010): 303–309.
- LISOWSKA K., CHORAŻY M. 2010. Genetycznie zmodyfikowane uprawy i żywność – przegląd zagrożeń. *Nauka* **2010**(4): 127–136.
- MALATESTA M., CAPORALONI C., GAUVAUDAN S., ROCCHI M.B., SERAFINI S., TIBERI C., GAZZANELLI G. 2002. Ultrastructural morphometrical and immunocytochemical analyses of hepatocyte nuclei from mice fed on genetically modified soybean. *Cell Structure and Function* **27**(4): 173–180.
- MALATESTA M., BIGGIOERA M., MANUALI E., ROCCHI M. B., BALDELLI B., GAZZANELLI G. 2003. Fine structural analyses of pancreatic acinar cell nuclei from mice fed on genetically modified soybean. *European Journal of Histochemistry* **47**(4): 385–388.
- MALATESTA M., TIBERI C., BALDELLI B., BATTISTELLI S., MANUALI E., BIGGIOERA M. 2005. Reversibility of hepatocyte nuclear modifications in mice fed on genetically modified soybean. *European Journal of Histochemistry* **49**(3): 237–242.
- MALATESTA M., BORALDI F., ANNOVI G., BALDELLI B., BATTISTELLI S., BIGGIOERA M., QUAGLINO D. 2008a. A long-term study on female mice fed on a genetically modified soybean: effects on liver ageing. *Histochemistry and Cell Biology* **130**(5): 967–977.
- MALATESTA M., PERDONI F., SANTIN G., BATTISTELLI S., MULLER S., BIGGIOERA M. 2008b. Hepatoma tissue culture (HTC) cells as a model for investigating the effects of low concentrations of herbicide on cell structure and function. *Toxicology In Vitro*. **22**(8): 1853–1860.
- Monsanto vs. U.S. Farmers, November 2007 Update. Center for Food Safety. <<http://www.centerforfoodsafety.org/Monsantovsusfarmersreport.cfm>>, dostę: 28 lutego 2011.
- Monsanto technology/stewardship agreement, 2008. <http://www.monsanto.com/SiteCollectionDocuments/tug_sample.pdf>, dostę: 28.02.2011

- NAGUI H. F., EL-SAYED A. K. 1998. Fine Structural Changes in the Ileum of Mice Fed on δ Endotoxin Treated Potatoes and Transgenic Potatoes. *Natural Toxins* **6** (1998): 219–233.
- NETHERWOOD T., MARTIN-ORUE S. M., O'DONNELL A. G., GOCKLING S., GRAHAM J., MATHERS J. C., GILBERT H. J. 2004. Assessing the survival of transgenic plant DNA in the human gastrointestinal tract. *Nature Biotechnology* **22**: 2
- NGUYEN H. T., JEHLE J. A. 2009. Expression of Cry3Bb1 in transgenic corn MON88017. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **57**(21): 9990–9996.
- Opinion of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms on a request from the Commission related to the Notification (Reference CE/ES/00/01). 2003. *The EFSA Journal* 2003 **10**: 1–13, <<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/10.pdf>>, dostęp: 28 lutego 2011.
- Opinion of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms on a request from the Commission related to the notification (Reference C/ES/01/01). 2005. *The EFSA Journal* 2005 **181**: 1–33, <<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/182.pdf>>, dostęp: 28 lutego 2011.
- Opinion of the Scientific Panel on Genetically Modified Organisms on a request from the Commission related to the notification (Reference C/SE/96/3501). 2006. *The EFSA Journal* 2006 **323**: 1–20, <<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/323.pdf>>, dostęp: 28 lutego 2011.
- PAGANELLI A., GNAZZO V., ACOSTA H., LOPEZ S. L., CARRASCO A. E. 2010. Glyphosate-Based Herbicides Produce Teratogenic Effects on Vertebrates by Impairing Retinoic Acid Signaling. *Chem Res Toxicol*. Epub ahead of print 2010 Aug 9.
- percyschmeiser.com [strona internetowa], <<http://www.percyschmeiser.com/>>, dostęp: 28 lutego 2011.
- PIÑEYRO-NELSON A., VAN HEERWAARDEN J., PERALES H. R., SERRATOS-HERNÁNDEZ J. A., RANGEL A., HUFFORD M. B., GEPTS P., GARAY-ARROYO A., RIVERA-BUSTAMANTE R., ÁLVAREZ-BUYLLA E. R. 2009. Transgenes in Mexican maize: molecular evidence and methodological considerations for GMO detection in landrace populations. *Molecular Ecology* **18**(4): 750–761.
- PRESCOTT V. E., CAMPBELL P. M., MOORE A., MATTES J., ROTHENBERG M. E., FOSTER P. S., HIGGINS T. J., HOGAN S. P. 2005. Transgenic expression of bean alpha-amylase inhibitor in peas results in altered structure and immunogenicity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* **53**(23): 9023–9030.
- QUIST D., CHAPELA I. 2001. Transgenic DNA introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature* **414**: 541–543
- ROSI-MARSHALL E. J., TANK J. L., ROYER T. V., WHILES M. R., EVANS-WHITE M., CHAMBERS C., GRIFFITHS N. A., POKELSEK J., STEPHEN M. L. 2007. Toxins in transgenic crop byproducts may affect headwater stream ecosystems. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A* **104**(41): 16204–16208.
- SAJI H., NAKAJIMA N., AONO M., TAMAOKI M., KUBO A., WAKIYAMA S., HATASE Y., NAGATSU M. 2005. Monitoring the escape of transgenic oilseed rape around Japanese ports and roadsides. *Environmental Biosafety Research* **4**(4): 217–222.
- SÉRALINI G. E., DE VENDÔMOIS J. S., CELLIER D., SULTAN C., BUIATTI M., GALLAGHER L., ANTONIOU M., DRONAMRAJU K. R. 2009. How subchronic and chronic health effects can be neglected for GMOs, pesticides or chemicals. *International Journal of Biological Sciences* 2009 Jun 17;5(5): 438–443.
- Scientific Opinion on application (EFSA-GMO-CZ-2008-62). 2010 *EFSA Journal* 2010 **8**(9): 1781. <<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/1781.pdf>>, dostęp: 28 lutego 2011.
- STANKIEWICZ D. 2010. Analiza opinii i stanowisk, które wpłynęły do Komisji Ochrony Środowiska nt. rządowego projektu ustawy z druku 2547... (5.03.2010). Biuro Analiz Sejmowych <[http://orka.sejm.gov.pl/RexDomk6.nsf/0/B2B5C512D8E55CFBC12576D4004902AE/\\$file/i324-10.rtf](http://orka.sejm.gov.pl/RexDomk6.nsf/0/B2B5C512D8E55CFBC12576D4004902AE/$file/i324-10.rtf)>, dostęp: 28 lutego 2011.
- TEBBE C. 2003. Bt toxin does not simply disappear after harvesting, Federal Agricultural Research Centre, Braunschweig, <<http://dev.gmo-safety.eu/science-live/184.toxin-does-simply-disappear-harvesting.html>>, dostęp: 28 lutego 2011.
- The Impact of Genetically Engineered Crops on Farm Sustainability in the United States. National Research Council. 2010. Washington, DC: The National Academies Press, <<http://books.nap.edu/catalog/12804.html>>, dostęp: 28 lutego 2011.

- VÁZQUES R. I., MORENO-FIERROS L., NERI-BAZÁN L., DE LA RIVA G. A., LÓPEZ-REVILLA R. 1999. Bacillus thuringiensis Cry1Ac protoxin is a potent systemic and mucosal adjuvant. *Scandinavian Journal of Immunology* **49**(6): 578–584.
- VÁZQUES-PADRÓN R. I., MORENO-FIERROS L., NERI-BAZÁN L., DE LA RIVA G. A., LÓPEZ-REVILLA R. 1999. Intra-gastric and intraperitoneal administration of Cry1Ac protoxin from Bacillus thuringiensis induces systemic and mucosal antibody responses in mice. *Life Sciences* **64**(21): 1897–1912.
- VÁZQUES-PADRÓN R. I., GONZÁLEZ-CABRERA J., GARCÍA-TOVAR C., NERI-BAZÁN L., LÓPEZ-REVILLA R., HERNÁNDEZ M., MORENO-FIERROS L., DE LA RIVA G. A. 2000a. Cry1Ac protoxin from Bacillus thuringiensis sp. kurstaki HD73 binds to surface proteins in the mouse small intestine. *Biochemical and Biophysical Research Communications* **271**(1): 54–58.
- VÁZQUES-PADRÓN R.I., MORENO-FIERROS L., NERI-BAZÁN L., MARTÍNEZ-GIL A.F., DE LA RIVA G.A., LÓPEZ-REVILLA R. 2000b. Characterization of the mucosal and systemic immune response induced by Cry1Ac protein from Bacillus thuringiensis HD 73 in mice. *Brazil. J. Med. Biol. Res.* **33**(2): 147–155.
- WALSH L. P., MCCORMICK C., MARTIN C., STOCCO D. M. 2000. Roundup inhibits steroidogenesis by disrupting steroidogenic acute regulatory (StAR) protein expression. *Environmental Health Perspectives* **108**(8): 769–776.
- weedsience.org [b.r.], <<http://www.weedsience.org/Summary/UspeciesMOA.asp?1stMOAID=12>>, dostep: 28 lutego 2011.
- VECCHIO L., CISTERNA B., MALATESTA M., MARTIN T. E., BIGGIOERA M. 2004. Ultrastructural analysis of testes from mice fed on genetically modified soybean. *European Journal of Histochemistry* **48**(4): 448–454.
- WALTZ E. 2009. Under Wraps. *Nature Biotechnology* **27**(10): 880–882.
- Who benefits from GM Crops? 2008. <<http://www.foei.org/en/resources/publications/pdfs/2008/gmcrops2008full.pdf>>, dostep: 28 lutego 2011.
- Who benefits from GM Crops? 2011. <<http://www.foei.org/en/resources/publications/pdfs/2011/who-benefits-from-gm-crops-2011/>>, dostep: 28 lutego 2011.
- WOLFENBARGER L. L., PHIFER P. R. 2000 The ecological risks and benefits of genetically engineered plants. *Science* **290**(5499): 2088–2093.

RYCINY



Ryc. 1. Założenia o precyzji technik inżynierii genetycznej nie uwzględniają złożoności fenomenu życia biologicznego. The assumption that genetic engineering is a precise technique ignores the complexity of biological life.

DNA (gen) nie jest autonomicznym, absolutnym i bezpośrednim determinantem fenotypu. Teza: jeden gen = jedno białko = jedna funkcja, już dawno przestało obowiązywać. Informacja biologiczna nie zawiera się bowiem wyłącznie w sekwencji DNA, ale także w skomplikowanych sieciach regulatorowych na poziomie epigenetycznym i potranslacyjnym, w sieciach sygnałnych i w modyfikacjach RNA i białek. Wiedza o tych zależnościach jest wciąż jeszcze bardzo niepełna.

TABELE

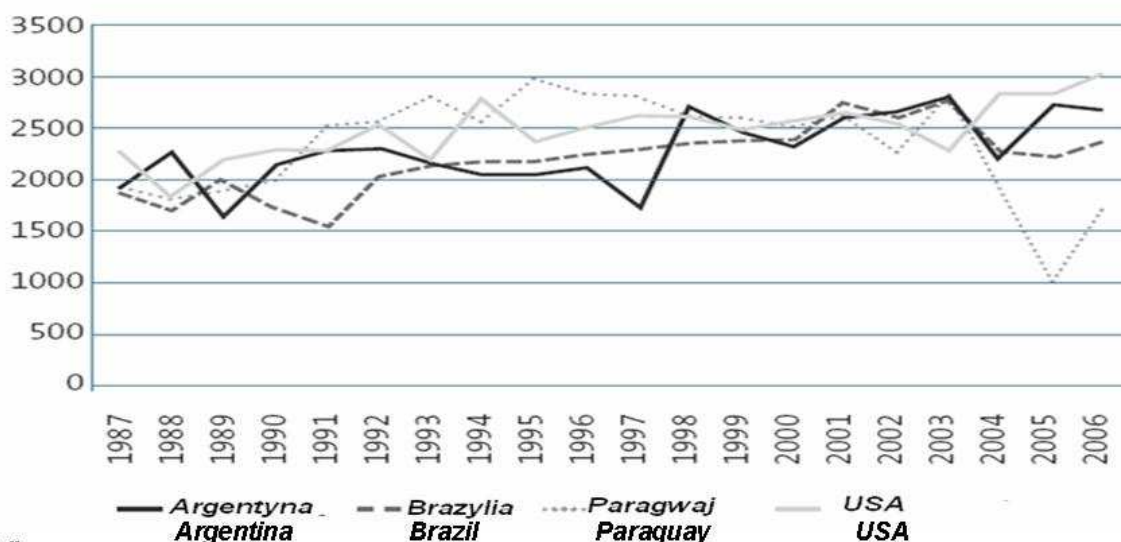
Tabela 1. Rozwój plagi „superchwastów” w USA w latach 1999–2007. Opracowano na podstawie: weedscience.org

Rozwój odporności chwastów na glyfosat (Roundup) w USA w latach 1998 – 2007 Emergence of weed resistance to glyphosat (Roundup) in USA in the years 1998 – 2007			
Lp. No	Gatunek Species	Wykryto First found	Stan USA US country
1	<i>Amaranthus Palmeri</i> , Szarłat Palmera	2005	Georgia
		2006	Arkansas, Tennessee
2	<i>Amaranthus rudis</i> , Szarłat ogoniasty	2005	Missouri (odporność na glyphosat i 2 inne herbicydy, resistant to glyphosat and two other herbicides)
		2006	Illinois (odporność na glyphosat i 1 inny herbicyd, resistant to glyphosat and one other herbicide), Kansas
3	<i>Ambrosia trifida</i> , Ambrozja trójdzielna, Giant Ragweed	2004	Ohio
		2005	Indiana
		2006	Kansas
4	<i>Ambrosia artemisifolia</i> , Ambrozja bylicolistna, Common Ragweed	2004	Arkansas, Missouri
		2007	Kansas
4	<i>Conyza bonariensis</i> , Przymiotno buenosaryjskie, Hairy Flebane	2007	Kalifornia (California)
5	<i>Conyza canadiensis</i> , Przymiotno kanadyjskie, Horsweed	2001	Tennessee
		2002	Indiana, Maryland, Missouri, Ohio
		2003	Missisipi, Północna Karolina (North Carolina), Arkansas, Pensylwania
		2005	Kalifornia (California), Illinois
		2007	Michigan
6	<i>Lolium multiflorum</i> , Życica wielokwiatowa, Italian Ryegrass	2004	Oregon
7	<i>Lolium rigidum</i> , Rigid Ryegrass, Życica trwała	1998	Kalifornia (California)

Na podstawie (based on): Weedscience, 2007. Glycines resistant weeds by species and country. www.weedscience.org

Tabela 2. Analiza wydajności upraw soi w latach 1987–2006. Tabela pokazuje, że wprowadzenie GM odmian soi w roku 1995, nie spowodowało wzrostu wydajności upraw. Opracowano na podstawie: Who benefits from GM Crops 2008.

**Wydajność upraw soi
w krajach głównych producentach tej rośliny (kg/ha)
Productivity of soy crops in the major producer countries (kg/ha)**



Źródło:

source: Friends of the Earth International, 2007. Based on FAO data. Based on data from FAOSTAT, ProdStat, Crops, Subject: Yield per hectare (kg/ha), Commodity: soybeans; Country: United States, Argentina, Brazil, Paraguay; Year 1987-2006, (last accessed 1 December 2007).

Tabela 3. Zużycie glyfosatu rośnie wraz z przyrostem areału genetycznie modyfikowanych upraw typu odpornych na herbicyd (herbicide tolerant, HT). Opracowano na podstawie: foei.org

**Wzrost zużycia glyfosatu w odniesieniu do rosnącego udziału (%)
GM upraw odpornych na ten herbicyd (HT) w USA**

**Growing use of glyphosate in relation to the increasing percentage of herbicide
tolerant (HT) acreage in USA**

Rok Year	Soja Soy		Kukurydza Corn		Bawełna Cotton		Razem Total	Uwagi Comments
	Zużycie glyfosatu	% HT	Zużycie glyfosatu	% HT	Zużycie glyfosatu	% HT	Zużycie glyfosatu	
1994	4 896 000	0%	2 248 000	0%	789 189		7 933 189	Soja RR wprowadzona do uprawy w 1995
2002	67 413 000	75%	5 088 000	11%		74%		
2003		81%	13 696 000	15%	14 817 000			
2005	75 743 000	87%	26 304 000	26%	17 024 000		119 071 000	Ponad 15-krotny wzrost zużycia glyfosatu w uprawach tych 3 roślin od 1995 do 2007
2006	96 725 000	89%		36%		86%		Niemal 19-krotny wzrost zużycia glyfosatu w

								uprawach soi od 1994 do 2006
2007		91%		52%				
Źródło (source): Center for Food Safety, 2007. Ilości glyfosatu wyrażono w funtach. Na podstawie danych Departamentu Rolnictwa USA. Glyphosate usage shown in pounds. Based on USDA data.								

Tabela 4. Areał upraw GMO w Europie maleje. Opracowano na podstawie: Who benefits from GM Crops 2011.

Uprawy odmian GM w krajach UE w latach 2008-2010 GM crops in European Union countries (2008-2010)					
Kraj	2008 (ha)	2009 (ha)	2010 (ha)	Zmiana Change	Country
Hiszpania	79,269	76,057	67,726	-15%	Spain
Portugalia	4,856	5,202	4,869	0.3%	Portugal
Rumunia	6,130	3,244	823	-87%	Romania
Niemcy	3,173	30	28	-99%	Germany
Czechy	8,380	6,480	4,830	-42%	Czech Rep.
Słowacja	1,931	875	875	-55%	Slovakia
Polska	3,000	3,000	3,000	-0%	Poland
Szwecja	0	0	103	100%	Sweden
Łącznie	106,739	94,888	82,254	-23%	Total